

DOCKET NO.: 259942US2PCT

10/511038  
DT04 Rec'd PCT/PTO 13 OCT 2004

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: Hiroyuki MATSUURA et al.  
SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION  
FILED: HERewith  
INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP03/04718  
INTERNATIONAL FILING DATE: April 14, 2003  
FOR: FILM FORMATION METHOD

**REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119**  
**AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

Commissioner for Patents  
Alexandria, Virginia 22313

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicant claims as priority:

<b><u>COUNTRY</u></b>	<b><u>APPLICATION NO</u></b>	<b><u>DAY/MONTH/YEAR</u></b>
Japan	2002-117672	19 April 2002

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the International Bureau in PCT Application No. PCT/JP03/04718.

Respectfully submitted,  
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak  
Attorney of Record  
Registration No. 24,913  
Surinder Sachar  
Registration No. 34,423

Customer Number

**22850**

(703) 413-3000  
Fax No. (703) 413-2220  
(OSMMN 08/03)

Rec'd PCT/PTO 13 OCT 2004  
PCT/JPO 03/04718

日 本 国 特 許 庁

09.05.03

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 4月19日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-117672

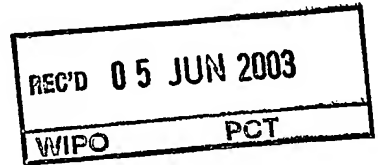
[ST.10/C]:

[JP2002-117672]

出 願 人

Applicant(s):

東京エレクトロン株式会社



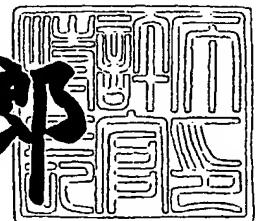
**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 4月15日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3026998

BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 JPP021007

【提出日】 平成14年 4月19日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 H01L 21/324

【発明の名称】 成膜方法、成膜処理時間補正式の導出方法、成膜装置、  
およびプログラム

【請求項の数】 7

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター  
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 松浦 廣行

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター  
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 高橋 豊

【特許出願人】

【識別番号】 000219967

【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077849

【弁理士】

【氏名又は名称】 須山 佐一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014395

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9104549

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 成膜方法、成膜処理時間補正式の導出方法、成膜装置、およびプログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 異なる処理時間でそれぞれの膜を形成する第 1 の成膜ステップと、

前記第 1 の成膜ステップで形成された膜の膜厚を測定する第 1 の測定ステップと、

前記第 1 の測定ステップで測定された測定データに基づき、膜厚と処理時間との関係を表す第 1 の関係式を導出する第 1 の導出ステップと、

異なる大気圧を基準に処理ガス圧を制御してそれぞれの膜を形成する第 2 の成膜ステップと、

前記第 2 の成膜ステップで形成された膜の膜厚を測定する第 2 の測定ステップと、

前記第 2 の測定ステップで測定された測定データに基づき、大気圧と膜厚との関係を表す第 2 の関係式を導出する第 2 の導出ステップと、

前記第 1、第 2 の導出ステップで導出された前記第 1、第 2 の関係式に基づき、大気圧の変動に応じて処理時間を補正するための処理時間補正式を導出する第 3 の導出ステップと、

大気圧の測定結果および前記第 3 の導出ステップで算出された前記処理時間補正式に基づき処理時間を補正する補正ステップと、

前記補正ステップで補正された処理時間に基づき大気圧を基準に処理ガス圧を制御して膜を形成する成膜ステップと、

を具備することを特徴とする成膜方法。

【請求項 2】 大気圧を基準に処理ガス圧を制御して成膜を行う際の処理時間を大気圧の変動に応じて補正するための処理時間補正式を導出する成膜処理時間補正式の導出方法であって、

第 1 の測定データに基づき、膜厚と処理時間との関係を表す第 1 の関係式を導出する第 1 の導出ステップと、

第 2 の測定データに基づき、大気圧と膜厚との関係を表す第 2 の関係式を導出する第 2 の導出ステップと、

前記第 1、第 2 の導出ステップで導出された前記第 1、第 2 の関係式に基づき、大気圧の変動に応じて処理時間を補正するための処理時間補正式を導出する第 3 の導出ステップと、

を具備することを特徴とする成膜処理時間補正式の導出方法。

【請求項 3】 前記第 3 の導出ステップが、

前記第 1、第 2 の関係式に基づき大気圧と処理時間との関係を表す第 3 の関係式を導出する関係式導出ステップと、

前記関係式導出ステップで導出された第 3 の関係式に基づき、前記処理時間補正式を導出する補正式導出ステップと

を有することを特徴とする請求項 2 記載の成膜処理時間補正式の導出方法。

【請求項 4】 前記第 1、第 2 の関係式の少なくともいずれかが一次近似式である

ことを特徴とする請求項 2 記載の成膜処理時間補正式の導出方法。

【請求項 5】 基板を配置する処理室と、

前記処理室内に反応ガスを供給するガス供給系と、

大気圧を測定する大気圧測定器と、

大気圧の変動に対応して処理時間を補正するための処理時間補正式を記憶する記憶部と、

前記記憶部に記憶された処理時間補正式に基づいて、処理時間を補正する処理時間補正部と、

前記大気圧測定器による測定結果および前記処理時間補正部により補正された処理時間に基づいて、前記ガス供給系を制御する制御部と、

を具備することを特徴とする成膜装置。

【請求項 6】 前記記憶部が、複数の成膜処理条件それぞれに対応した複数の前記処理時間補正式を記憶し、

前記成膜装置が、前記複数の処理時間補正式から所望の成膜処理条件に対応する処理時間補正式を選択する補正式選択部をさらに具備する

ことを特徴とする請求項 5 に記載の成膜装置。

【請求項 7】 請求項 2 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の成膜処理時間補正式の導出方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、成膜方法、成膜処理時間補正式の導出方法、成膜装置、およびプログラムに関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

半導体製造プロセスにおいて、半導体ウエハ（以下ウエハという）への成膜を行う装置の一つにバッチ処理を行う縦型熱処理装置がある。この装置はウエハボート等の保持具に多数枚のウエハを棚状に保持し、この保持具を縦型の熱処理炉の中に搬入して、酸素等の反応ガスを供給して成膜を行う。熱処理装置内に供給する反応ガスのガス種に応じて、ウエハ上に酸化膜等を形成できる。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】

ここで、熱処理炉内のガス圧は大気圧を基準に測定されるのが通例である。例えば、大気圧との差圧に基づきガス圧を測定する相対圧センサが用いられる。

このため、大気圧と熱処理炉内のガス圧（絶対圧）の双方が変動した場合には、測定値上では熱処理炉内のガス圧の変動を確認できないことがある。この結果、大気圧の変動に起因して形成される膜厚が変動する可能性がある。

本発明は、このような事情の下になされたものであり、その目的は大気圧の変動に起因する膜厚の変動を低減できる成膜装置および成膜方法を提供することにある。

【0 0 0 4】

【課題を解決するための手段】

（1）上記の課題を解決するために本発明に係る成膜方法は、異なる処理時間でそれぞれの膜を形成する第 1 の成膜ステップと、前記第 1 の成膜ステップで形成

された膜の膜厚を測定する第 1 の測定ステップと、前記第 1 の測定ステップで測定された測定データに基づき、膜厚と処理時間との関係を表す第 1 の関係式を導出する第 1 の測定ステップと、異なる大気圧を基準に処理ガス圧を制御してそれぞれの膜を形成する第 2 の成膜ステップと、前記第 2 の成膜ステップで形成された膜の膜厚を測定する第 2 の測定ステップと、前記第 2 の測定ステップで測定された測定データに基づき、大気圧と膜厚との関係を表す第 2 の関係式を導出する第 2 の導出ステップと、前記第 1、第 2 の導出ステップで導出された前記第 1、第 2 の関係式に基づき、大気圧の変動に応じて処理時間を補正するための処理時間補正式を導出する第 3 の導出ステップと、大気圧の測定結果および前記第 3 の導出ステップで算出された前記処理時間補正式に基づき処理時間を補正する補正ステップと、前記補正ステップで補正された処理時間に基づき大気圧を基準に処理ガス圧を制御して膜を形成する成膜ステップと、を具備することを特徴とする。

#### 【0005】

膜厚と処理時間との関係を表す第 1 の関係式および大気圧と膜厚との関係を表す第 2 の関係式に基づき、大気圧に対応して処理時間を補正するための処理時間補正式が導出される。導出された処理時間補正式および大気圧の測定結果に基づいて処理時間が補正され、補正された処理時間に基づいて成膜が行われる。

このように処理時間補正式に基づいて大気圧に対応して処理時間が補正されるので、大気圧の変動に起因する膜厚の変動を低減することができる。

#### 【0006】

ここでいう「大気圧を基準に処理ガス圧を制御」することには、例えば大気圧を基準とするガス圧測定器（一例として、大気圧との差圧に基づきガス圧を測定する相対圧センサ）により処理室内のガス圧を制御することが挙げられる。この制御は手動、自動のいずれで行われても差し支えない。例えば、処理室内へのガスの流量、処理室内からの排気量のいずれか、または双方を調節することで、処理室内のガス圧を制御できる。

#### 【0007】

なお、第 1 の成膜ステップ、第 1 の測定ステップ、第 1 の測定ステップと第 2



の成膜ステップ、第2の測定ステップ、第2の測定ステップの前後関係はさほど問題とならず、例えば第1の成膜ステップに先んじて第2の成膜ステップを実行しても、第1の測定ステップに先んじて第2の測定ステップを実行しても、あるいは第1の導出ステップに先んじて第2の導出ステップを実行しても差し支えない。要するに第3の導出ステップの際に第1、第2の関係式の双方が導出されていけばよい。これは、本発明において以下同様に解釈されるものとする。

## 【0008】

(2) 上記の課題を解決するために本発明に係る成膜処理時間補正式の導出方法は、大気圧を基準に処理ガス圧を制御して成膜を行う際の処理時間を大気圧の変動に応じて補正するための処理時間補正式を導出する成膜処理時間補正式の導出方法であって、第1の測定データに基づき、膜厚と処理時間との関係を表す第1の関係式を導出する第1の導出ステップと、第2の測定データに基づき、大気圧と膜厚との関係を表す第2の関係式を導出する第2の導出ステップと、前記第1、第2の導出ステップで導出された前記第1、第2の関係式に基づき、大気圧の変動に応じて処理時間を補正するための処理時間補正式を導出する第3の導出ステップと、を具備することを特徴とする。

膜厚と処理時間との関係を表す第1の関係式および大気圧と膜厚との関係を表す第2の関係式に基づき、大気圧に対応して処理時間を補正するための処理時間補正式を導出できる。導出された処理時間補正式に基づいて処理時間を補正することで、大気圧の変動に起因する膜厚の変動を低減することができる。

## 【0009】

(3) 上記の課題を解決するために本発明に係る成膜装置は、基板を配置する処理室と、前記処理室内に反応ガスを供給するガス供給系と、大気圧を測定する大気圧測定器と、大気圧の変動に対応して処理時間を補正するための処理時間補正式を記憶する記憶部と、前記記憶部に記憶された処理時間補正式に基づいて、処理時間を補正する処理時間補正部と、前記大気圧測定器による測定結果および前記処理時間補正部により補正された処理時間に基づいて、成膜処理を制御する制御部と、を具備することを特徴とする。

ガス圧測定器による測定結果に基づき、処理時間補正部による処理時間の補正

が行われ、補正された処理時間に基づき成膜処理が行われる。この結果、大気圧の変動に起因する膜厚の変動を低減することができる。

#### 【 0 0 1 0 】

##### 【発明の実施の形態】

以下に本発明の第 1 の実施形態に係る成膜装置たる縦型熱処理装置について説明する。

図 1 は、本発明に係る縦型熱処理装置の一部断面図である。

本発明に係る縦型熱処理装置（熱処理装置）10 は、図 1 に示すように、例えば石英で作られ、上端が塞がれた反応管 12 を備えている。

反応管 12 内には、多数枚例えば 150 枚の基板をなす半導体ウエハ W（製品ウエハ）が各々水平な状態で上下に間隔をおいて保持具であるウエハポート 13 に棚状に載置されており、このウエハポート 13 は蓋体 14 の上に保温筒（断熱体）15 を介して保持されている。

#### 【 0 0 1 1 】

前記蓋体 14 は、ウエハポート 13 を反応管 12 内に搬入、搬出するためのポートエレベータ 16 の上に搭載されており、上限位置にあるときには反応管 12 で構成される処理容器の下端開口部を閉塞する役割を持つ。

反応管 12 の周囲には例えば抵抗加熱体よりなるヒータ 17 が設けられ、電力コントローラ 18 により発熱量を制御される。

反応管 12 の内壁には、熱電対等の温度センサ S が設置され（図示せず）、加熱炉内の温度が測定される。

#### 【 0 0 1 2 】

反応管 12 内にガスを供給するガス供給管 21 が設けられている。ガス供給管 21 は水素ガスと酸素ガスとを混合して燃焼する燃焼室 23 に接続されている。燃焼室 23 で水素ガスと酸素ガスから生成された水蒸気（反応ガス）と窒素ガス（キャリアガス）が混合されてガス供給管 21 から反応管 12 内に供給される。ここで、水素ガス、酸素ガス、窒素ガスの流量は、例えばマスフローコントローラなどの流量調整器（図示せず）により個別に調節できる。例えば、水素ガスの供給を停止することで、反応ガスとして水蒸気に替えて酸素ガスを用いることが

可能となる。また、反応ガス（水蒸気または酸素）とキャリアガス（窒素ガス）の混合比を適宜に変更することもできる。

#### 【0013】

反応管12に排気管31が接続されている。この排気管31は途中で配管32、33の2手に分かれる。配管32は排気を冷却する冷却器34、バルブ35を経由して図示しない工場内排気系統に接続されている。一方、配管33は排気に含まれる水を捕獲するトラップ36、バルブ37を経由して図示しない工場内排水系統に接続されている。トラップ36に捕獲された水はバルブ37を開くことで工場内排水系統に排出される。

#### 【0014】

排気配管32の途中には反応管12内の圧力を測定するため圧力センサ38が接続されている。この圧力センサ38は、大気圧を基準として反応管12内の圧力を測定する。具体的には、圧力センサ38は大気圧との差圧に基づき反応管12内の圧力を測定する相対圧測定器である。

反応管12内の圧力は反応ガスおよびキャリアガスの流量を調節すること、またはバルブ35の開閉量を変化させて反応管12からの排気量を調節することで制御できる。ガス流量と排気量とのバランスによって反応管12内の圧力が定まる。なお、ガス流量と排気量の双方を変化させて、反応管12内の圧力を制御しても良いのはいうまでもない。

このような反応管12内の圧力制御の際に、圧力センサ38の測定結果が参照される。即ち、圧力センサ38の測定結果に基づき反応管12内の圧力が制御されることになる。このような圧力センサ38の測定結果に基づく反応管12内の圧力制御は、手動によって行うこともできるし、後述するコントローラ100等で自動的に行うことも可能である。

#### 【0015】

さらに、熱処理装置10には大気の圧力を測定する大気圧センサ40（図示せず）を備えている。後述するように、大気圧センサ40による大気圧の測定結果に基づき処理時間を補正することで、大気圧の変動に基づく膜厚の変動を防止できる。

この熱処理装置 1 0 は、反応管 1 2 内のガス流量、圧力、反応管 1 2 内の処理雰囲気の温度といった処理パラメータを制御するための成膜制御装置たるコントローラ 1 0 0 を備えている。このコントローラ 1 0 0 は、電力コントローラ 1 8 等に制御信号を出力する。

#### 【0 0 1 6】

(コントローラ 1 0 0 の詳細)

次にコントローラ 1 0 0 の詳細について述べる。

コントローラ 1 0 0 は、近似式記憶部 1 0 1、パラメータ記憶部 1 0 2、補正処理時間算出部 1 0 3、処理装置制御部 1 0 4 を備える。

近似式記憶部 1 0 1 は、大気圧の変動に対応して処理時間の補正を行うための補正処理時間関係式としての近似式の形式を記憶する。本実施形態では、後述するように補正処理時間関係式が一次近似式として表されていることから、近似式記憶部 1 0 1 には近似式の形式が一次式であることが記憶される。

パラメータ記憶部 1 0 2 は、近似式記憶部 1 0 1 に記憶された補正処理時間関係式としての近似式の形式に対応するパラメータを記憶する。ここでは、近似式が一次式であることから、最低 2 つのパラメータのセットを記憶することになる。このセットは 2 つ以上のパラメータのみから構成されてもよく、パラメータ記憶部 1 0 2 に補正処理時間関係式が適用できる処理条件を併せて記憶しても差し支えない。

以上から判るように、近似式記憶部 1 0 1 とパラメータ記憶部 1 0 2 を併せることで補正処理時間関係式を記憶する記憶部を構成できる。

補正処理時間算出部 1 0 3 は、大気圧に対応して補正された処理時間を算出するものであり、本発明における処理時間補正部として機能する。この算出に際して大気圧センサ 4 0 の測定結果が用いられる。

処理装置制御部 1 0 4 は、補正処理時間算出部 1 0 3 によって算出された補正処理時間等に基づいて、電力コントローラ 1 8 を制御する。なお、処理装置制御部 1 0 4 が、図示しない流量調整器を調節することで、目標とするガス圧 P の制御を行っても差し支えない。

#### 【0 0 1 7】

(大気圧の変動に起因する膜厚の変動を防止する手順の詳細)

本実施形態では、大気圧に対応して処理時間を補正することで、大気圧の変動に起因する膜厚の変動を防止する。

図2は、本実施形態において大気圧による膜厚の変動を防止するための手順を表すフロー図である。本図に示すように、膜厚の変動防止の手順は大気圧と補正された処理時間との関係を表す関係式(補正処理時間関係式)の導出を行うステップS10と導出された補正処理時間関係式を用いてウエハWへの成膜を行うステップS20に区分することができる。

【0018】

以下、この手順の詳細を説明する。

A. 補正処理時間関係式の導出(ステップS10)。

このステップ10は、図2に示すように、ステップS11～S14にさらに区分することができる。以下、ステップS11～S14に区分して詳細に説明する。

(1) 熱処理装置10により熱処理されたウエハWの膜厚Xと処理時間Tとの関係を表す膜厚－処理時間関係式(X－T関係式)を導出する(ステップS11)

この導出は、以下の手順によって行われる。

【0019】

①熱処理装置10を用いて異なる処理時間で複数のウエハWをそれぞれ熱処理する。即ち、複数のウエハWをそれぞれ処理時間を異ならせて熱処理(成膜処理)する。

本実施形態では、膜厚－処理時間関係式に1次近似式を用いる。このため、理論的には処理時間を2段階に変化すれば良いことになるが、正確な膜厚－処理時間関係式を導出するためには、処理時間を3段階以上に変化させ、かつサンプルとなるウエハWの枚数も多い方が好ましい。

【0020】

この熱処理に際して大気圧Pがほぼ一定となるようにする。後の③で導出する膜厚－処理時間関係式に大気圧の変動が影響しないようにするためである。この

ときの大気圧  $P$  は後述する基準大気圧  $P_r$  に近いことが好ましいが、必ずしもこれに拘束される訳ではない。

なお、この熱処理を行う熱処理装置はステップ  $S_{20}$  で成膜を行うための熱処理装置 10 そのものであることが好ましいが、同一タイプの熱処理装置を代わりに用いることもできる。

#### 【0021】

②熱処理されたウエハ  $W$  の膜厚を測定する。この膜厚測定は例えばエリプソメーター等の光学的な手法を用いて行うことができる。

③膜厚の測定結果に基づき、膜厚－処理時間関係式を導出する。

この関係式の一例を図 3 にグラフ  $G_1$  として示す。ここでは、処理時間を  $T_1$ 、 $T_2$  と 2 段階に変化させたときのウエハ  $W$  の膜厚がそれぞれ  $X_1$ 、 $X_2$  であるとして、一次近似としての膜厚－処理時間関係式を導出している。

この関係式は時間  $T$ 、膜厚  $X$  としたとき具体的には次のように表される。

$$T = A * X + B \quad \dots\dots \text{式 (1)}$$

既に述べたように、処理時間の変化数およびウエハ  $W$  の個数が多い方が好ましく、この場合には自乗平均法等の統計的な手法を用いてより正確な近似式を導出できる。

#### 【0022】

ここで一次近似を用いているのは、処理時間の変化幅がある程度制限されていれば、測定結果より確実に一次近似で表すことができるからである。

例えば、酸化膜には Deal-Grove の式が知られている。この式では、処理時間  $T$  に対して膜厚  $X$  は次のような 2 次式となっている。

$$X^2 + K_1 * X = K_2 (T + \tau) \quad \dots\dots \text{式 (2)}$$

この式 (2) は理論的見地から求められたものであるが、現実の測定結果を全て説明できる訳ではない。即ち、測定結果に基づいて式 (2) のパラメータ  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $\tau$  を算出しようとしても、算出が困難な場合がある（いわゆるカーブフィッティングができない）。

以上から、取り扱いが容易な一次近似式によって膜厚－処理時間関係式を表している。

## 【 0 0 2 3 】

この関係式が、処理時間に対する膜厚ではなく（横軸：処理時間）、膜厚に対する処理時間（横軸：膜厚）であるのは、後述するように、膜厚の変化を処理時間として換算することを容易にするためである。但し、これは本質的なことではなく、処理時間に対する膜厚の関係式として導出しても差し支えない。

## 【 0 0 2 4 】

（２）大気圧  $P$  と熱処理装置 10 により熱処理されたウエハ  $W$  の膜厚  $X$  との関係を表す大気圧－膜厚関係式（ $P-X$  関係式）を導出する（ステップ  $S11$ ）。

この導出は、以下の手順によって行われる。

①異なる大気圧  $P$  において、所定の処理時間でウエハ  $W$  を熱処理装置 10 により熱処理する。即ち、複数のウエハ  $W$  をそれぞれ異なる大気圧のときに熱処理する。

この所定の処理時間は、後述する基準処理時間  $T_r$  に近いことが好ましいが、必ずしもこれに拘束される訳ではない。

なお、膜厚－処理時間関係式の場合と同様に、大気圧－膜厚関係式に 1 次近似式を用い、また正確に関係式を導出するために処理時間を 3 段階以上に変化させ、かつサンプルとなるウエハ  $W$  の枚数も多い方が好ましい。また、この熱処理を行う熱処理装置は、ステップ  $S11$  と同様に、ステップ  $S20$  で成膜を行うための熱処理装置 10 そのものであることが好ましいが、同一タイプの熱処理装置を代わりに用いることもできる。

## 【 0 0 2 5 】

②熱処理されたウエハ  $W$  の膜厚を測定する。この膜厚測定はステップ  $S11$  と同様エリプソメーター等の光学的な手法を用いて行うことができる。

③膜厚の測定結果に基づき、大気圧－膜厚関係式を導出する。

この関係式の一例を図 4 にグラフ  $G2$  として示す。ここでは、大気圧を  $P1$ 、 $P2$  と 2 段階に変化させたときのウエハ  $W$  の膜厚がそれぞれ  $X3$ 、 $X4$  であるとして、一次近似としての膜厚－処理時間関係式を導出している。

この関係式は大気圧  $P$ 、膜厚  $X$  としたとき具体的には次のように表される。

$$X = F * P + C \quad \dots\dots \text{式 (3)}$$

ステップ S 1 1 と同様に、大気圧の変化の段数およびウエハ W の個数を多くして、自乗平均法等の統計的な手法を用いてより正確な近似式を導出する方が好ましい。

#### 【 0 0 2 6 】

( 3 ) 大気圧 P と処理時間 T との関係を表す大気圧－処理時間関係式 ( P - T 関係式 ) を導出する ( ステップ S 1 3 ) 。

この導出は、式 ( 3 ) を式 ( 1 ) に代入することによって行える。

式 ( 3 ) を式 ( 1 ) に代入すると、次の式 ( 4 ) が導出される。

$$\begin{aligned} T &= A * ( F * P + C ) + B \\ &= A * F * P + A * C + B \end{aligned} \quad \dots\dots \text{式 ( 4 )}$$

ここで、 $\alpha = A * F$ 、 $\beta = A * C + B$  とおくと、次の式 ( 5 ) が導出される。

$$T = \alpha * P + \beta \quad \dots\dots \text{式 ( 5 )}$$

式 ( 5 ) で表された大気圧－処理時間関係式は、式 ( 1 ) に式 ( 3 ) を代入したことから判るように、大気圧 P によって生じる膜厚 P の変動を処理時間 T に換算して表したものである。

#### 【 0 0 2 7 】

この大気圧－処理時間関係式の一例を図 5 にグラフ G 3 として表す。

この大気圧－処理時間関係式 ( グラフ G 3 ) は、基準大気圧  $P_r$ 、基準処理時間  $T_r$  を通る直線として表され、その有効範囲が大気圧  $P_{min} \sim P_{max}$  ( 処理時間  $T_{min} \sim T_{max}$  ) となっている。

大気圧－処理時間関係式の有効範囲が定められているのは、この関係式 ( 式 ( 5 ) ) が一次近似式である式 ( 1 )、( 3 ) に基づいて算出されたことを考慮したものである。一次近似式は基準値 ( この場合は、基準大気圧  $P_r$ 、基準処理時間  $T_r$  ) から外れるほど実測値とのズレが大きくなる。このため、基準値からある程度の幅以内で式 ( 5 ) を適用することで、実際の値との相違が生じるのを抑えている。

基準大気圧  $P_r$  はある程度任意に決めることができるが、ステップ S 1 3 で大気圧－処理時間関係式の導出に用いた大気圧 P の範囲内、かつ実際に起こりうる大気圧 P の範囲の中心値に近いものを利用するのが好ましい。大気圧－処理時間



関係式の有効性をより確実ならしめるためである。

【0028】

大気圧－処理時間関係式の有効範囲は、例えば図4に示す大気圧－膜厚関係式（近似式）が実測値とどの範囲で一致しているか否かに基づいて定めることができる。また、便宜的な手法として基準大気圧 $P_r$ に対する割合に基づいて定めることができる。この一例として、以下の式（6）を示すことができる。

$$P_{max} = P_r + 0.1 * P_r$$

$$P_{min} = P_r - 0.1 * P_r \quad \dots\dots \text{式（6）}$$

経験上、基準大気圧 $P_r$ に対して10%程度の範囲内であれば、大気圧に対する膜厚（処理時間で換算）の変化の直線性が確保できるからである。

【0029】

処理時間の範囲 $T_{min}$ 、 $T_{max}$ は、大気圧の範囲 $P_{min}$ 、 $P_{max}$ から自動的に定まる。

$$T_{max} = T(P_{max})$$

$$T_{min} = T(P_{min}) \quad \dots\dots \text{式（7）}$$

ここで、 $T(P)$ は前述の式（5）で表される。

【0030】

（4）大気圧 $P$ に対して補正した処理時間 $T_c$ を表す補正処理時間関係式（ $T_c(P)$ ）を導出する（ステップS14）。

この関係式を導出する考え方を図6に示す。ここで、グラフG3、 $G_c$ はそれぞれ大気圧－処理時間関係式（ステップS13で導出済）およびこれから導出する補正処理時間関係式（ $T_c(P)$ ）を表している。

【0031】

既に述べたように、補正処理時間関係式は大気圧 $P$ の変動に対応して処理時間を補正することにより大気圧の変動に起因する膜厚の変動を防止するためのものである。

大気圧が基準値（基準大気圧 $P_r$ ）から増えたときに処理期間を基準値（基準処理時間 $T_r$ ）より減らし、大気圧が基準値から減ったときに処理時間を基準値より増やすことで、大気圧 $P$ の変動に対応することができる。即ち、補正処理時

間関係式を表すグラフ  $G_c$  は基準大気圧  $P_r$ 、基準処理時間  $T_r$  を通り、グラフ  $G_3$  と傾きの正負が逆になっている。

【0032】

大気圧  $P$  のときの処理時間（実際には膜厚を処理時間に換算したもの）を  $T$ 、補正処理時間を  $T_c$  とする。ここで、グラフ  $G_3$ 、 $G_c$  の傾きの正負が逆転していることから。以下の式（8）を導き出すことができる。

$$T - T_r = T_r - T_c \quad \dots\dots \text{式（8）}$$

式（8）から以下のようにして、補正処理時間  $T_c$  を表す式（9）を導くことができる。

$$\begin{aligned} T_c(P) &= T_c \\ &= 2T_r - T \\ &= 2T_r - (\alpha * P + \beta) \\ &= -\alpha * P + (2T_r - \beta) \\ &= -\alpha * P + \gamma \quad \dots\dots \text{式（9）} \end{aligned}$$

なお、この式の導出に際しては、式（4）を代入すると共に、 $\gamma = 2T_r - \beta$  と定義している。

【0033】

式（9）は  $P_r$  を用いて変形することもできる。

$$\begin{aligned} T_c(P) &= 2T_r - T \\ &= 2(\alpha * P_r + \beta) - (\alpha * P + \beta) \\ &= -\alpha * P + (2\alpha * P_r + \beta) \\ &= -\alpha * P + \gamma \quad \dots\dots \text{式（9-1）} \end{aligned}$$

式（9）、（9-1）は、 $T_r = \alpha * P_r + \beta$  の関係があることから、いずれにしろ同一の形で表される。

【0034】

既に述べたように補正処理時間関係式は近似式であり、その有効範囲がある程度限定される。このため、目標膜厚等の成膜条件（レシピ）毎に補正処理時間関係式を別途に導出し、成膜条件に応じて適切な補正処理時間関係式を選択するのが好ましい。

## 【0035】

以上に示したステップS11～S14において、熱処理は既述のように原則としてステップS20での成膜を行う熱処理装置10（そのもの又は同一のタイプ）によって行われる。

また、関係式の導出は、コンピュータを用いて行うのが便宜である。関係式の導出に付随して、図3～6のようなグラフ表示により実測値（膜厚等）と関係式の対応関係を示してもよい。

コンピュータとしては、熱処理装置10に直接的な関連があるもの（例えば、熱処理装置10のコントローラ100、あるいは熱処理装置10にネットワークで接続されたホストコンピュータ）、または直接的な関連性のないコンピュータ一般のいずれを用いてもよいが、熱処理装置10との通信が可能であれば、次のステップS21（熱処理装置10への補正処理時間関係式の導入）が容易になる。

コンピュータに用いるソフトウェアとしては、専用または汎用のソフトウェアのいずれでもよい。本実施形態に用いる汎用のソフトウェアの一例として、MICR O SOFT社の「Excel」を挙げることができる。

## 【0036】

導出された補正処理時間関係式は式（9）のパラメータ $\alpha$ 、 $\gamma$ で表される。また、基準値（基準大気圧 $P_r$ 、基準処理時間 $T_r$ のいずれかまたは双方）や有効範囲（処理時間の範囲： $T_{min}$ 、 $T_{max}$ 、大気圧の範囲： $P_{min}$ 、 $P_{max}$ ）も補正処理時間関係式を誤りなく用いるために意義がある（基準値に近いほど補正処理時間関係式の信頼性が高く、有効範囲外ではその信頼性が保証し難くなる）。

ここで、パラメータ $\alpha$ 、 $\gamma$ はパラメータA、B、F、Cより導出されることから、パラメータ $\alpha$ 、 $\gamma$ に代えてパラメータA、B、F、Cを用いて補正処理時間関係式を表しても差し支えない。以上から、一例としてパラメータA、B、F、C、基準処理時間 $T_r$ によって補正処理時間関係式およびその有効範囲を表すことができる（有効範囲が、式（6）、（7）で示すように、基準処理時間 $T_r$ によって表されるなら、有効範囲に関わるパラメータ（ $P_{min}$ 、 $P_{max}$ 等）を

別途用いる必要はない)。

### 【0037】

B. 導出された補正時間関係式を用いた成膜 (ステップ S 2 0)。

このステップ 2 0 は、図 3 に示すように、ステップ S 2 1 ~ S 2 3 にさらに区分することができる。

(1) 熱処理装置 1 0 に補正時間関係式を導入する (ステップ S 2 1)。

これは補正時間関係式に関わるパラメータ (例えば、パラメータ A, B, F, C、基準処理時間  $T_r$ ) をパラメータ記憶部 (パラメータテーブル) 1 0 2 に記憶させることによって行える。具体的には記憶メディア (フレキシブルディスク、CD-ROM 等) やネットワークを通じて、コントローラ 1 0 0 にパラメータを記憶させる。

既述のように、パラメータ記憶部 1 0 2 には目標膜厚等の成膜条件 (レシピ) 毎に複数の補正処理時間関係式を記憶させ、成膜条件に応じて適切な補正処理時間関係式を選択するのが好ましい。この場合には、成膜条件を識別し、その選択を可能とするための何らかの情報 (パラメータ等) をパラメータ記憶部 1 0 2 に記憶させるのが好ましい。

コントローラ 1 0 0 の近似式記憶部 1 0 1 にはパラメータを代入する基礎となる近似式が記憶されているので、パラメータのみをパラメータ記憶部 1 0 2 に記憶させることで、補正処理時間関係式を構成することが可能となる。

### 【0038】

(2) 大気圧に対応する補正処理時間を算出する (ステップ S 2 2)。

①この算出に先立ち大気圧センサ 4 0 による大気圧の測定が行われる。

②そして、パラメータ記憶部 1 0 2 に記憶された補正処理時間関係式用のパラメータ (例えば、パラメータ A, B, F, C、基準処理時間  $T_r$ ) を近似式記憶部 1 0 1 に記憶された近似式 (一次近似式) に代入して補正処理時間関係式を導出し、大気圧センサ 4 0 で測定された大気圧値を補正処理時間関係式に代入して、補正処理時間  $T_c$  を算出する。この算出は、補正処理時間算出部 1 0 3 によって行われる。

なお、処理条件 (処理レシピ) に対応して複数の補正処理時間関係式のパラメ

ータのセットがパラメータ記憶部 1 0 2 に記憶されているときには、目標とする処理条件の入力、および入力された処理条件に対応するパラメータの選択が行われる。

#### 【0 0 3 9】

(3) 算出された補正処理時間に基づく膜の形成が行われる (ステップ S 2 3)

この処理は処理装置制御部 1 0 4 によって、算出された補正処理時間、目標とする処理温度 T 等に基づいて、図示しない流量調整器、電力コントローラ 1 8 を制御することによって行われる。

以上のように大気圧に対応して処理時間を増減する (処理時間を修正する) ことで、大気圧の変動に起因する膜厚の変動を低減することができる。

#### 【0 0 4 0】

(その他の実施形態)

以上の発明の実施形態は、本発明の技術的思想の範囲内で、拡張、変更が可能である。

(1) 例えば、成膜装置は、縦型熱処理炉には限られない。また、基板は半導体ウエハには限られず、例えばガラス基板であってもよい。

(2) 本発明は、反応ガスの種類 (ガス種) には限定されない。酸素または水蒸気を酸化種として用いた酸化膜の形成一般に適用できる。また、酸化膜の形成に限らず、大気圧の変動によって熱処理特性が変動する熱処理プロセス一般に本発明を適用することもできる。

#### 【0 0 4 1】

##### 【発明の効果】

以上のように本発明によれば、大気圧の変動による膜厚の変動を低減できる成膜装置、成膜方法を提供することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明に係る熱処理装置を表す一部断面図である。

【図 2】 大気圧による膜厚の変動を防止するための手順の一例を表すフロー図である。

【図 3】 膜厚－処理時間関係式の一例を表すグラフである。

【図 4】 大気圧－膜厚関係式の一例を表すグラフである。

【図 5】 大気圧－処理時間関係式の一例を表すグラフである。

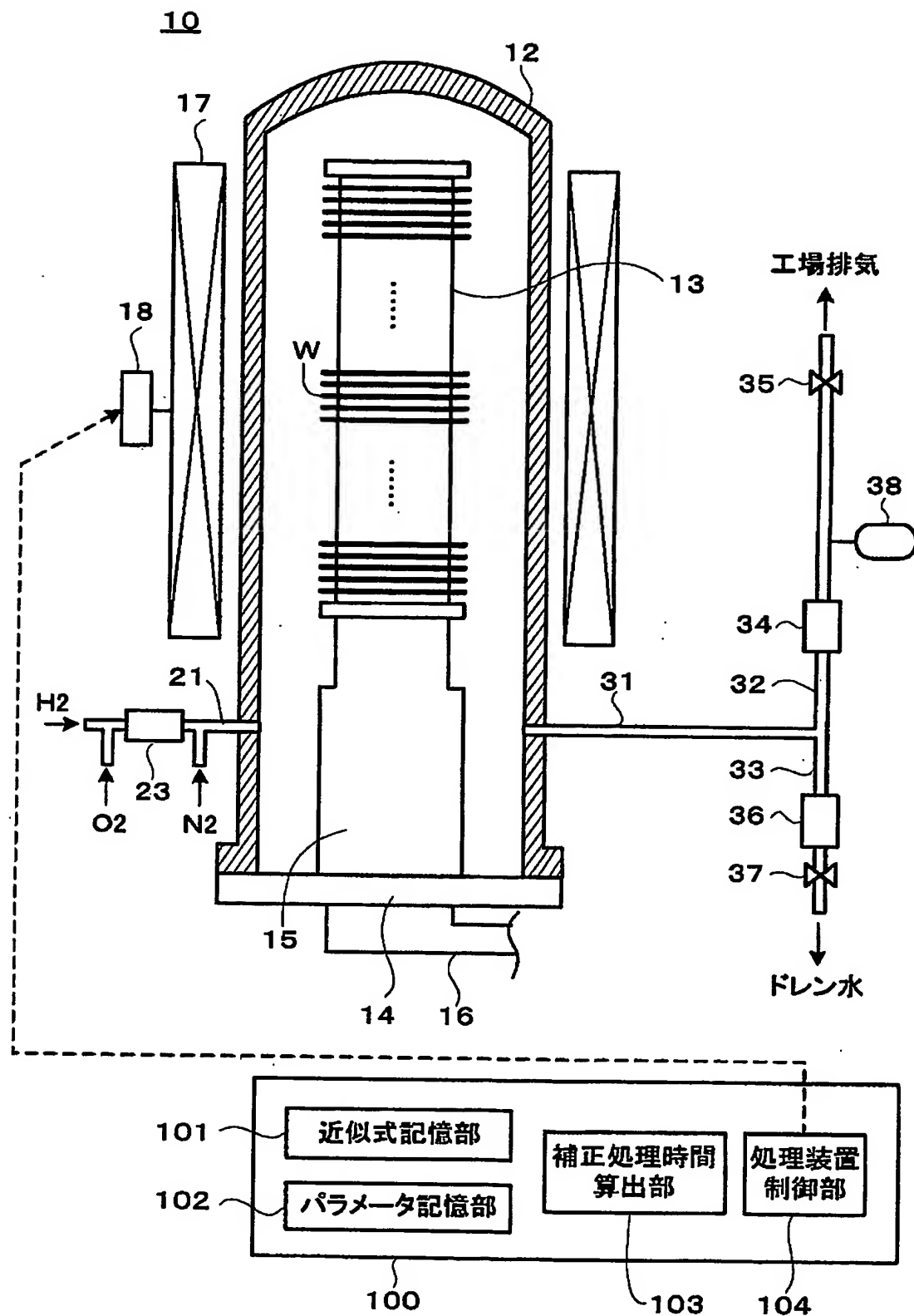
【図 6】 補正処理時間関係式の一例を表すグラフである。

【符号の説明】

1 0 …熱処理装置、1 2 …反応管、1 3 …ウエハポート、1 4 …蓋体、1 5 …保温筒、1 6 …ポートエレベータ、1 7 …ヒータ、1 8 …電力コントローラ、2 1 …ガス供給管、2 3 …燃焼室、3 1 …排気管、3 2, 3 3 …配管、3 4 …冷却器、3 5, 3 7 …バルブ、3 6 …トラップ、3 8 …圧力センサ、4 0 …大気圧センサ、1 0 0 …コントローラ、1 0 1 …近似式記憶部、1 0 2 …パラメータ記憶部、1 0 3 …補正処理時間算出部、1 0 4 …処理装置制御部

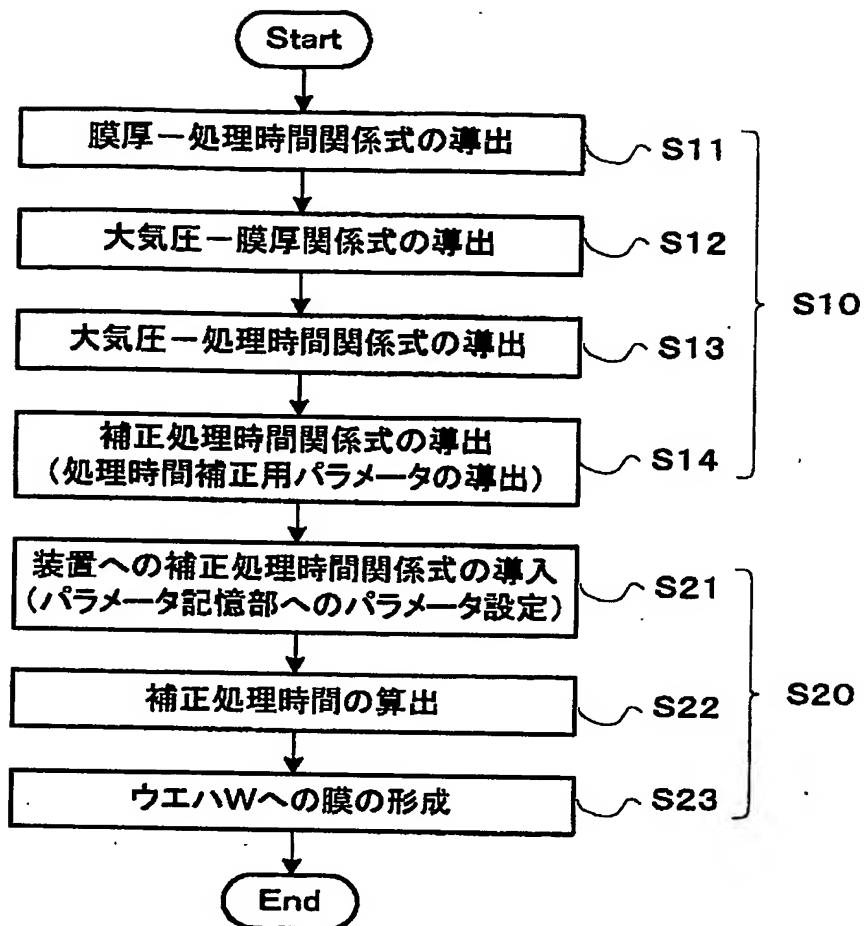
【書類名】 図面

【図 1】

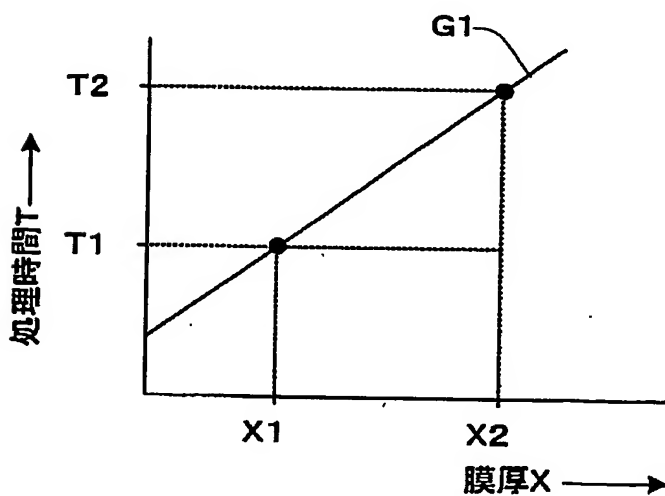


BEST AVAILABLE COPY

【図 2】

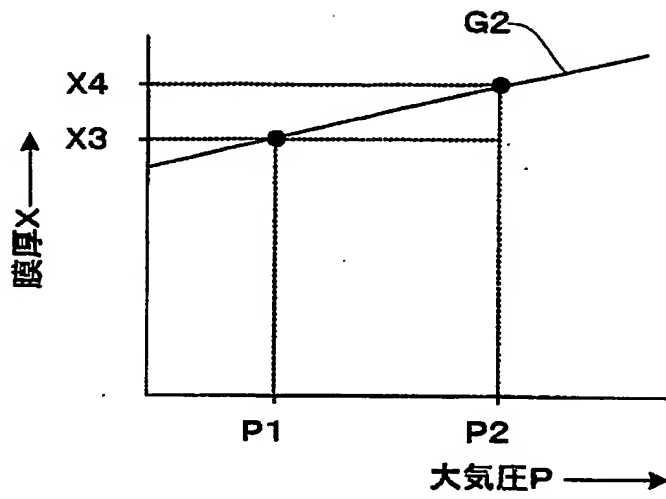


【図 3】

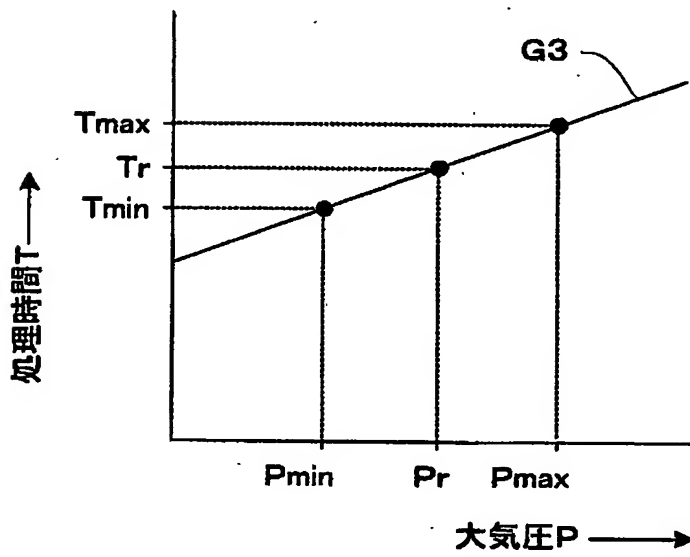




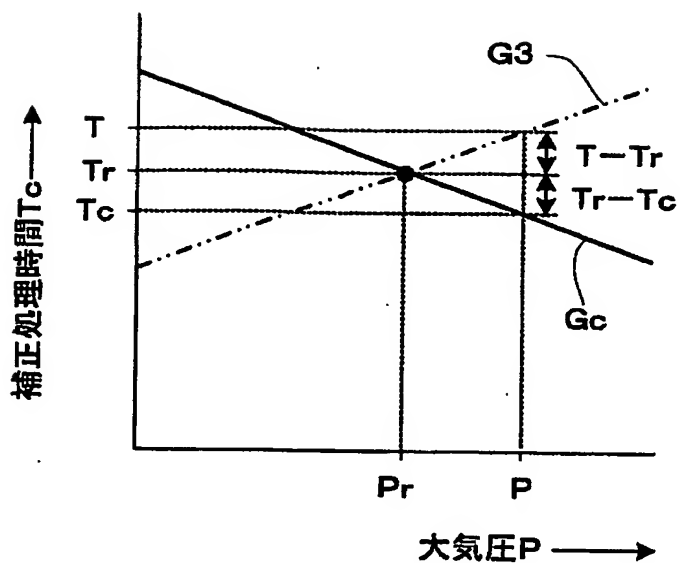
【図 4】



【図 5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 大気圧の変動に起因する膜厚の変動を低減できる成膜方法および成膜装置を提供する。

【解決手段】 膜厚と処理時間との関係を表す第 1 の関係式および大気圧と膜厚との関係を表す第 2 の関係式に基づき、大気圧に対応して処理時間を補正するための処理時間補正式を導出する。導出された処理時間補正式および大気圧の測定結果に基づいて処理時間を補正し、補正された処理時間に基づいて成膜が行われる。

処理時間補正式に基づいて大気圧に対応して処理時間が補正されるので、大気圧の変動に起因する膜厚の変動を低減することができる。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000219967]

1. 変更年月日	1994年 9月 5日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区赤坂5丁目3番6号
氏 名	東京エレクトロン株式会社